

**METODOLOGIA DE PROJEÇÃO DE DEMANDA ADEQUADA AO NOVO CONTEXTO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO**

**Castelo Branco, A. C. – UNIFACS, Schuch, G. B. – UFRGS, Pinho, R. – UNIFACS,**

**Valente, A. L. C. – UNIFACS, Henriques, L. – COELBA, Morozowski, M. – UNIFACS.**

E-mail: accbranco@posgrad.unifacs.br

**Palavras-chave** – Dinâmica de Sistemas, Mercado de Energia Elétrica, Projeção de Demanda.

**Resumo** - Este artigo apresenta uma nova metodologia de projeção de demanda de energia elétrica desenvolvida para a COELBA. Esta metodologia se baseia nas técnicas de cenários, dinâmica de sistemas e em métodos econométricos, que permitem uma projeção mais adequada ao novo contexto do setor elétrico brasileiro, visando ao gerenciamento e previsão dos contratos de energia, além da manutenção e ampliação do mercado consumidor atendido.

## I. INTRODUÇÃO

A reestruturação do setor elétrico brasileiro e a tendência a se estabelecerem mercados competitivos, impõe a necessidade de um planejamento mais apurado, com maior conhecimento da situação futura da carga, pois disso depende a escolha do plano de expansão ou da estratégia de comercialização que possam levar a melhores resultados empresariais.

O consumo de energia tem características específicas para cada classe, quais sejam: residencial, comercial, industrial e demais classes.

O consumo residencial apresenta forte correlação com o consumo comercial e outros consumos, como: iluminação pública, poderes públicos, serviços públicos, etc. Como resultado, tem-se uma parcela de mercado bem maior sujeita às incertezas futuras, tanto no que se refere à energia total consumida quanto à sua sazonalidade.

Para o consumo industrial, diante do ambiente competitivo que o setor está inserido e da importância desta classe na projeção global da demanda de energia elétrica, é necessário um cuidado especial, isto é, um conhecimento maior a respeito do comportamento do consumidor por parte das empresas participantes das atividades de distribuição, geração e comercialização.

Neste contexto, torna-se necessário o desenvolvimento e uso de novos métodos e modelos, que levem em conta, além dos indicadores econômicos, demográficos e outros tradicionalmente utilizados nos estudos de projeção da demanda, outras variáveis explicativas, como, por exemplo, tarifas, metas de conservação ou racionalização de energia, entre outras.

## II. METODOLOGIA TRADICIONAL

A metodologia tradicional mais utilizada pelas empresas de energia elétrica é baseada ainda na Portaria 760 do DNAEE de 1976 [8], que leva em consideração a tendência histórica e métodos econométricos. Isto faz com que se reproduza para o futuro o comportamento que se realizou no passado.

A projeção de consumo da classe residencial tem sido realizada a partir dos fatores esquematizados na Figura 1.

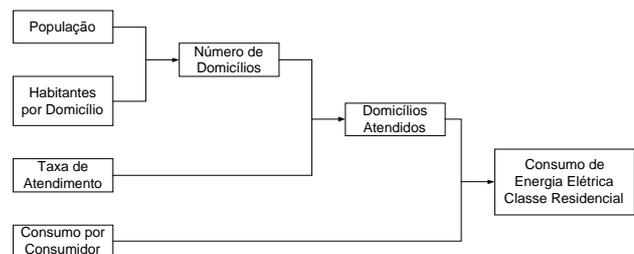


Figura 1 - Projeção de Consumo Residencial: Metodologia Tradicional.

O consumo por consumidor residencial é obtido pela análise da tendência histórica, com correção dos efeitos de programas de ligação de consumidores de baixa renda, na medida em que a absorção de novos consumidores com baixo nível de consumo tende a baixar o consumo médio [4]. O uso da tendência histórica visa, também, evitar discontinuidades na projeção.

O número de consumidores é projetado com base na evolução do número de domicílios, resultante de estudos demográficos, e na projeção da taxa de atendimento, que relaciona o número de consumidores residenciais com o número total de domicílios. O número total de domicílios, por sua vez, incorpora o número de domicílios projetado no estudo demográfico, levando em conta programas governamentais de construção de conjuntos habitacionais e a evolução de áreas urbanas, geralmente marcada por expansão acentuada da densidade populacional.

A projeção de consumo da classe industrial engloba o consumo de todos os tipos de indústrias pertencentes ao setor industrial. Para fins de projeção, as indústrias têm sido desagregadas em dois segmentos: grandes indústrias (grandes consumidores) e indústrias tradicionais [6], conforme mostra a Figura 2.

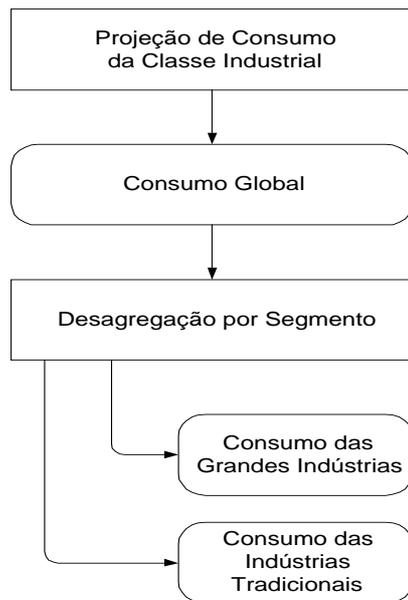


Figura 2 - Projeção de Consumo Industrial: Metodologia Tradicional.

O critério adotado para a desagregação do consumo industrial é o seguinte:

- grandes indústrias ou indústrias especiais, geralmente eletrointensivas, com demanda contratada igual ou superior a 3 MW;
- indústrias tradicionais, que representam as indústrias não enquadradas no segmento anterior, ou seja, com demanda contratada inferior a 3 MW.

O consumo das indústrias tradicionais (consumo tradicional) é projetado conforme as perspectivas de evolução do PIB do setor secundário, considerando a elasticidade entre o PIB e o consumo de energia elétrica próxima da unidade. Considera-se também a tendência histórica do segmento.

Existem algumas externalidades, como programas especiais com incentivos governamentais (implantação de pólos industriais, p. ex.). Neste caso, o consumo de energia elétrica é estimado de forma individualizada, por analogia com outros pólos do mesmo ramo de atividade, e posteriormente agregado à projeção global do segmento tradicional.

Nos seis primeiros anos, o consumo das grandes indústrias (consumo especial) é projetado através de pesquisa direta junto aos grandes consumidores; para os anos subseqüentes, é projetado de forma similar ao segmento tradicional, ou seja, com base no PIB do setor secundário.

De acordo com a Portaria 760 do DNAEE [8], a projeção de consumo da classe comercial agrega o consumo de atividades voltadas ao comércio ou à prestação de serviços em geral, como, por exemplo, lazer, educação, saúde, entre outras. Para fins de projeção, esta classe tem sido desagregada em dois segmentos: comercial especial (grandes consumidores) e comercial tradicional, conforme mostra a Figura 3.

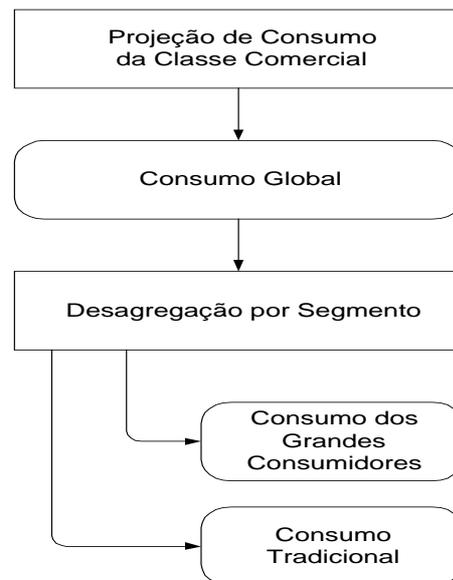


Figura 3 - Projeção de Consumo Comercial: Metodologia Tradicional.

O critério adotado para a desagregação do consumo comercial é o seguinte:

- grandes consumidores ou comercial especial<sup>1</sup>, com demanda contratada igual ou superior a 3 MW;
- comercial tradicional, que representam os consumidores com demanda contratada inferior a 3 MW.

A crescente utilização de eletrodomésticos, a difusão da climatização de ambientes, a disseminação do uso de computadores pessoais para uso doméstico ou profissional, associada à descentralização dos ambientes de trabalho, entre outros fatores, faz com que o consumo comercial tradicional (consumo tradicional) apresente alto grau de correlação com o consumo da classe residencial. Isto explica porque o consumo comercial é projetado por correlação com o consumo residencial, levando em conta, também, a tendência histórica do segmento.

Os incrementos de demanda associados a programas especiais de incentivos, seja de origem governamental (universalização, p.ex.), seja estimulado por setores comerciais e industriais (implantação de *shopping centers*, p.ex.) em geral não se enquadram no consumo tradicional e devem ser estimados de forma individualizada. Desta forma, esta demanda é projetada por analogia com outros estabelecimentos (centros comerciais, p.ex.) do mesmo ramo de atividade e posteriormente agregado à projeção global do segmento tradicional.

A demanda de grandes consumidores (consumo especial) é projetada a partir de resultados de pesquisas junto aos clientes. Alternativamente, podem ser utilizados os valores de contrato de suprimento destes consumidores junto à concessionária local, para o horizonte destes contratos; para os anos seguintes, esta demanda é projetada por correlação com o consumo residencial.

<sup>1</sup> Geralmente hotéis, hotéis de lazer (*resorts*), *shopping centers*, entre outros.

A projeção do consumo das classes poderes públicos e iluminação pública é feita, também, por correlação com o consumo residencial, com exceção dos grandes consumidores, que são projetados individualmente. De forma similar aos grandes consumidores industriais e comerciais, esta projeção individual se apóia em pesquisa direta junto aos clientes.

Para a classe iluminação pública, além da técnica anterior, pode-se utilizar a informação disponível sobre a expansão dos serviços de iluminação, bem como a extrapolação de dados históricos. A projeção desta classe pode ser realizada também através da relação entre a demanda efetiva (Watt) de iluminação pública e o número de consumidores residenciais, levando em consideração o histórico da classe.

A classe serviços públicos é separada, para fins de projeção, em dois segmentos: água, esgoto e saneamento e tração elétrica. O primeiro segmento é subdividido, por sua vez, em consumo tradicional e grandes consumidores. A Figura 4 ilustra as formas de desagregação realizadas na projeção de consumo desta classe.

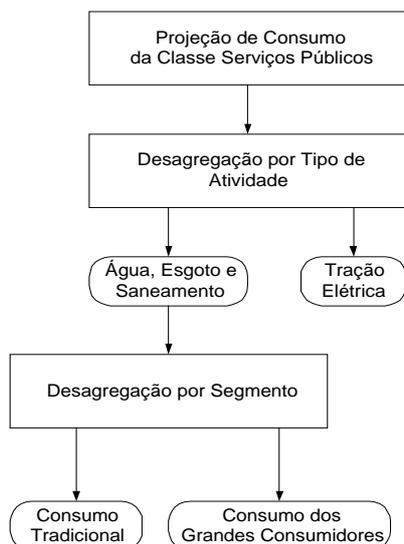


Figura 4 – Projeção de Consumo Serviços Públicos: Metodologia Tradicional.

Nos seis primeiros anos, o consumo dos grandes consumidores é projetado a partir de pesquisa direta junto aos consumidores, ou estimada a partir de informações da carga contratada para o período; para os anos seguintes, é projetada por correlação com o consumo residencial. O consumo tradicional é projetado por correlação com o consumo residencial ou por extrapolação da tendência histórica deste segmento.

O segmento tração elétrica é projetado a partir da evolução histórica verificada e através de pesquisa sobre programas de instalação e expansão desse serviço.

O consumo rural é projetado a partir da tendência histórica, das perspectivas de crescimento do PIB do setor primário e dos programas de eletrificação rural das concessionárias, cooperativas e órgãos municipais, regionais e federais.

O consumo próprio se refere à energia consumida pela concessionária, é projetado levando-se em consideração as ampliações das unidades físicas da empresa, mantendo coerência com a participação no consumo total observado no histórico.

O consumo irrigação é segmentado também em consumo tradicional e grandes consumidores, conforme mostra a Figura 5. O consumo tradicional é projetado com base na variação do PIB do setor primário, levando em consideração a tendência histórica.

Os grandes consumidores são avaliados e, para os seis primeiros anos de projeção, considera-se a carga de contrato do consumidor ou informações de pesquisa junto ao cliente, como também programas de órgãos federais, estaduais e municipais, para os anos subsequentes utiliza-se o PIB do setor primário.

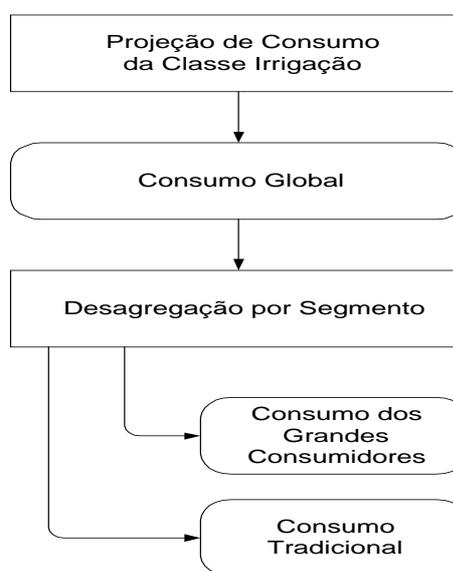


Figura 5 - Projeção de Consumo Irrigação: Metodologia Tradicional.

### III. LIMITAÇÕES DA METODOLOGIA TRADICIONAL

O novo ambiente de negócios do setor elétrico brasileiro torna necessário reformular a metodologia tradicional para a projeção da demanda das classes, por diversos motivos, enumerados a seguir.

- A metodologia tradicional não reflete a atitude do consumidor frente a incentivos à racionalização do uso da energia elétrica, por exemplo, que gera relações causa-efeito entre a evolução da demanda e as ações da concessionária, formando laços de realimentação.
- Precariedade da metodologia tradicional no que se refere a variações de demanda associadas a fenômenos cíclicos, tendências e outros fatores responsáveis pelas flutuações da demanda do sistema.
- Os modelos tradicionais pressupõem que o comportamento futuro das variáveis pode ser projetado a partir da análise dos dados do

passado, não levando em conta relações de causalidade [3].

- Os modelos econométricos relacionam o consumo a índices econômicos, acarretando dificuldades quanto à separação entre relações causais ou das que derivam de coincidências de comportamento das séries históricas.
- As técnicas econométricas exigem grandes volumes de dados, nem sempre disponíveis com o grau de qualidade adequado.
- A análise de regressão não estabelece uma relação estrutural entre variáveis explicativas e consumo de energia, o que dificulta a eliminação de variáveis que não afetam o comportamento do consumo.
- A metodologia tradicional trata as classes de consumo de maneira agregada, o que traz algumas limitações para as empresas Distribuidoras/Varejistas (D/Vs) em ambiente competitivo, por ser agregada, não separa o consumidor livre do cativo, dificultando para a distribuidora prever suas reais necessidades de contratação de energia [9].
- A metodologia tradicional não segmenta os grandes consumidores por nível de tensão, não sendo possível à identificação da evolução do consumo por tensão de fornecimento.

#### IV. EFEITOS DA REFORMA SOBRE A METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO

A completa implantação da reforma setorial tem conseqüências tanto pelo lado da oferta, através do desmembramento vertical das atividades de geração, transmissão e distribuição, quanto pelo lado da demanda, através de uma nova segmentação do mercado consumidor.

O desmembramento vertical das empresas de energia elétrica fará com que as atividades de caracterização e projeção da demanda, anteriormente realizadas de forma integrada, passem a ser desenvolvidas por empresas especializadas em geração, comercialização e distribuição/ varejo, que têm objetivos distintos.

No segmento de geração, cujo objetivo é a gestão competitiva dos ativos correspondentes (planejamento, construção, operação e manutenção), a demanda a ser atendida dependerá dos contratos de venda de energia entre empresas e seus clientes.

No segmento de comercialização, a demanda a ser atendida dependerá de contratos firmados entre geradoras, distribuidoras e consumidores livres. Já no segmento de distribuição e varejo (D/V), cujo objetivo é o atendimento regulado de consumidores, a determinação da demanda a ser atendida é mais complexa e envolve decisões de caráter estratégico.

Esta complexidade está ligada aos consumidores livres, que poderão optar por fornecimento a partir de geradoras ou comercializadoras externas à área de concessão de sua supridora tradicional, a partir de níveis de tensão e de demanda especificados pela Agência Nacional de Energia

Elétrica. Consumidores não enquadrados como livres permanecem cativos.

Em conseqüência, o objetivo dos estudos de demanda, no novo modelo institucional, deve ser reformulado, não só para desvincular a caracterização e projeção de demanda do conceito de área de concessão, mas também para levar em conta aspectos estratégicos das empresas D/Vs [9].

#### V. METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia proposta para a classe residencial, com base na técnica de análise e modelagem de dinâmica de sistemas [2], enfatiza as interações entre os fatores que compõem a projeção, agrega novas variáveis como a variação de preço, a renda e os programas de conservação de energia ou racionalização, e contempla a realimentação contínua entre as variáveis tradicionais e as novas variáveis, contribuindo assim para uma melhor identificação do comportamento do consumo.

A Figura 6 ilustra o processo de realimentação entre os fatores que compõem a nova metodologia. Nesta figura, pode-se visualizar as inter-relações entre os vários fatores que influenciam o crescimento do consumo e que por ele são influenciados. Um aspecto que faz parte destes laços são os atrasos, tanto em termos de grandezas físicas quanto de informação [1]. Portanto, uma ação ou decisão que ocorre em um determinado instante, poderá ocasionar conseqüências depois de passado certo tempo.

Um exemplo desta situação é o impacto do reajuste de tarifas de energia elétrica no consumo, pois, em geral, há um atraso na mudança de comportamento do consumidor. Esta situação pode ser considerada no modelo, através dos laços que interconectam as variáveis relativas ao cálculo de consumo e de tarifas, ou seja, a informação é tratada de forma endógena ao modelo.

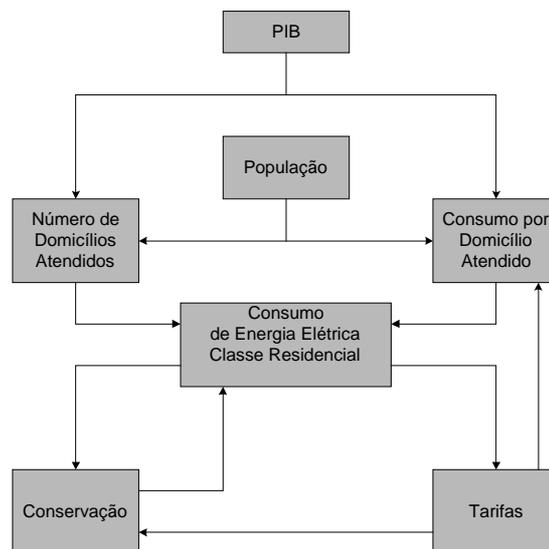


Figura 6 - Projeção de Consumo Residencial: Metodologia Proposta.

Estas são algumas das diferenças entre a metodologia tradicional e a proposta, mostradas na Figura 1 e na Figura 6, respectivamente.

Em contraste com as técnicas tradicionais, que enfatizam a modelagem dos fluxos físicos, a dinâmica de sistemas busca representar tanto os fluxos físicos, que podem ser acumulados, quanto os fluxos de informação, que podem ser observados, mas não podem ser acumulados [7].

Portanto, é de extrema importância o mecanismo de realimentação das variáveis, que conecta o nível do sistema à informação causadora de decisão, que desencadeia uma ação, que afeta o nível do sistema, fechando o laço informação – decisão – ação, como mostrado na Figura 7.

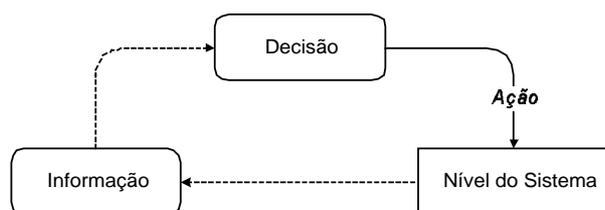


Figura 7 – Dinâmica de Sistemas: Laço de Realimentação.

A metodologia proposta para as classes industrial e comercial e demais classes complementa a metodologia tradicional, desagregando os grandes consumidores por nível de tensão e por tipo de consumidor, como ilustrado na Figura 8.

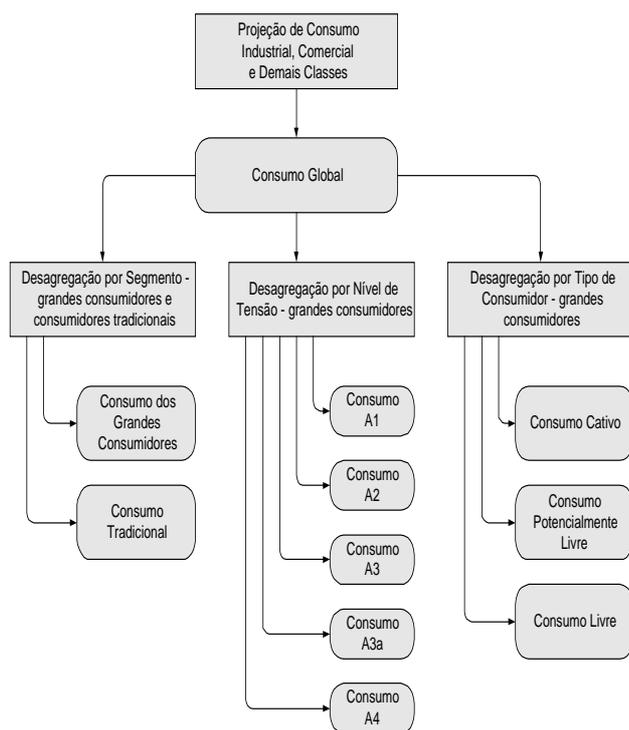


Figura 8 - Projeção de Consumo Industrial, Comercial e Demais Classes: Metodologia Proposta.

A projeção por nível de tensão será realizada para os níveis compreendidos entre A1 e A4, que correspondem às seguintes tensões: A1 – 230 kV, A2 - 138 kV, A3 - 69 kV, A3a – 34,5 kV e A4 – 13,8 kV.

Nestes níveis encontram-se os grandes consumidores e, basicamente, os consumidores livres. Estes últimos, assim qualificados de acordo com a legislação atual e as

medidas propostas pelo Comitê de Revitalização do Modelo do Setor Elétrico [5].

Neste trabalho, a desagregação por tipo de consumidor será realizada com base nos critérios vigentes (Lei 9.074), isto é, segundo as características de tensão e demanda de cada consumidor, considerando ainda, consumidor potencialmente livre – um ano antes de terminar o contrato com a empresa D/V atual, consumidor livre - ano em que termina o contrato com a empresa D/V atual.

## VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia de projeção tradicional, embora adequada para a análise dos requisitos de demanda global na atividade regulada das empresas distribuidoras, mostra-se insuficiente para o tratamento desta variável quando se considera a liberdade de escolha de supridor e comportamentos estratégicos, típicos de ambientes concorrenciais.

Neste sentido, justifica-se a introdução de uma nova metodologia de projeção, de forma complementar à tradicional, mas capaz de representar adequadamente a dinâmica competitiva e os mecanismos de realimentação entre o comportamento da demanda e as diversas variáveis que a afetam.

A análise de problemas de planejamento da demanda de energia elétrica através da dinâmica de sistemas representa um avanço conceitual no entendimento destes problemas, pois explicita os mecanismos de realimentação entre as partes. Além disso, esta técnica apresenta algumas facilidades computacionais, como:

- tratamento de aspectos de curto e longo prazos em um mesmo modelo computacional;
- representação de relações não-lineares e mecanismos de realimentação;
- representação de aspectos sociais e aspectos comportamentais.

Também como complementação à metodologia tradicional, adota-se a desagregação dos grandes consumidores por nível de tensão e por tipo de consumidor (cativo e livre), o que possibilita identificar melhor o comportamento do cliente no novo ambiente de negócios do setor elétrico.

## VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alves, A. F. Morozowski, M. Schuch, G. B. “Cenários de Demanda Residencial: Uma Abordagem Baseada em Dinâmica De Sistemas”, XII Congresso Chileno de Ingeniería Eléctrica, Temuco, Chile, vol. I, pp. 41-46, novembro 1997.
2. Aracil, J. Gordillo, F. “Dinámica de Sistemas”, Alianza Editorial. S. A., Madrid, 1997.
3. Bajay, S. V. “Long Term Electricity Demand Forecasting Models: A Review of Methodologies”, Electric Power Systems Research, Vol. 6 (1983), p.243-257.
4. COELBA/ DE/ AME, Norma para Elaboração de Projeções de Mercado, Salvador, 1990.

5. Comitê de Revitalização do Modelo do Setor Elétrico – Relatório de Progresso Nº 2, Fevereiro/2002.
6. Faria, S. N. G. “Um Modelo Integrado de Previsão do Mercado de Energia Elétrica a Longo Prazo” – Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1993.
7. Forrester, J. W. “Industrial Dynamics”, Productivity Press, Portland, 1961.
8. MME/ DNAEE, Portaria 760, Brasília, 1976.
9. Schuch, G. B. “Um Modelo para Estudos da Demanda de Energia Elétrica em Ambiente Competitivo” – Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.